

معرفی و کاربرد زئولیت‌های طبیعی

(معدن، کشاورزی و محیط‌زیست)

تألیف:

دکتر مجید غلامحسینی
(رئیس تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر)

دکتر رشید هزارخانی
(رئیس، صنعتی امیرکبیر)

مهندس سید سعید دپور
(دانشگاه صنعتی امیرکبیر)

دکتر محمد حسین داوودی
(مؤسسه تحقیقاتی خاک و آب)

انتشارات جهاد دانشگاهی
واحد صنعتی امیرکبیر

عنوان و نام پدیدآور	معرفی و کاربرد ژئولیت‌های طبیعی: (معدن، کشاورزی و محیط زیست)/ تألیف مجید غلامحسینی... [و دیگران].
مشخصات نشر	تهران: جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، ۱۳۹۴.
مشخصات ظاهری	۲۷۲ ص.: مصور، جدول، نمودار.
شابک	۱۵۰۰۰ ریال: 8-222-210-964-978: ISBN
وضعیت فهرست نویسی	فیبا
یادداشت	تألیف مجید غلامحسینی، اردشیر هزارخانی، سیدسعید قنادپور، محمدحسین داوودی.
موضوع	ژئولیت‌ها
موضوع	شیمی کشاورزی
شناسه افزوده	غلامحسینی، مجید، ۱۳۶۰ -
شناسه افزوده	جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
رده‌بندی کنگره	۱۳۹۴ / ۹۰۶ / QE۳۹۱
رده‌بندی دیویی	۵۴۹/۶۸
شماره کتابشناسی ملی	۴۰۸۴۲۰۱

این کتاب در جلسه مورخ ۹۴/۰۸/۱۱ شورای نشر کتاب
جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر پس از طی مراحل
ارزیابی علمی، مجوز چاپ و تشرار، دریافت نموده است.



معرفی و کاربرد ژئولیت‌های طبیعی: معدن، کشاورزی و محیط‌زیست

تألیف: دکتر مجید غلامحسینی، دکتر اردشیر هزارخانی، مدرس سیدسعید قنادپور، دکتر محمدحسین داوودی

ناشر	جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر
نوبت چاپ	اول
سال چاپ	۱۳۹۴
قطع	وزیری
شمارگان	۵۰۰ نسخه
قیمت	۱۵۰۰۰۰ ریال
طراح	آرزو انصاری
چاپخانه	خجستگان



ISBN: 978-964-210-222-8

شابک: ۹۷۸-۹۶۴-۲۱۰-۲۲۲-۸

نمایشگاه و فروشگاه دائمی: تهران، خیابان حافظ، روبروی سمیه، جنب دانشگاه صنعتی امیرکبیر،
انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر تلفن: ۹۸۱۰۹۵۰۶۶۲۱۹۸۲+ تلفکس: ۹۸۲۰۹۵۰۶۶۲۱۹۸۲+
فروشگاه اینترنتی: www.jdamirkabir.ac.ir



پیشگفتار

اَطْلُبُوا الْعِلْمَ مِنَ الْمَهْدِ إِلَى اللَّحْدِ

توانمندسازی پایه‌های علمی دانشگاه‌ها و مراکز تحقیقاتی کشور از وظایف اصلی سیاست‌گذاران و برنامه‌ریزان نظام مقدس جمهوری اسلامی ایران می‌باشد. این مهم، ضمن افزایش اقتدار علمی کشور در عرصه‌های بین‌المللی، زمینه‌ساز استقلال اقتصادی با محوریت یافته‌های فن‌آورانه و دانش‌بنیان می‌گردد که خود از ارکان اصلی توسعه پایدار به‌شمار می‌آید. همچنین واضح است که در کنار دو عنصر تعهد و تخصص، دسترسی به اطلاعات، رور علمی و تکنولوژی‌های مدرن؛ نیاز اولیه برای توانمندسازی پایه‌های علمی به‌شمار می‌رود.

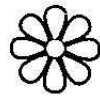
بر این اساس جهادگران جهاد علمی، با مدیریت جهادی خود علاوه بر فعالیت‌های فرهنگی، پژوهش‌های فن‌آورانه و نیز آموزش‌ها، تخصصی‌فناوری و اشتغال‌محور، با چاپ کتب و مجلات علمی متخصصان و دانشگاهیان فرهیخته کشور، همچنین ترجمه آثار فاخر و به‌روز دنیا توسط «انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر «پلی تکنیک تهران»» که یکی از معتبرترین انتشارات دانشگاهی در حوزه علوم پایه و مهندسی می‌باشد؛ به وظیفه انقلابی و اعتقادی خویش جامه عمل پوشانده و امیدوار است بتواند نیازهای علمی پژوهشگران، دانشجویان و پویندگان راه علم را در تحقق آرمان‌های اصیل انقلاب فراهم سازد.

این کتاب به روح پرفتوح معمار کبیر انقلاب، شهدا و ایثارگران هشت سال دفاع مقدس به‌ویژه شهدای گرانقدر جهاددانشگاهی و دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تقدیم می‌گردد. امید است دانش‌پژوهان و فعالین عرصه‌های علم و فناوری کشور، پویانده راه این شهیدان والا مقام همچون شهدای جهاد علمی، در محیط مقدس و انسان‌ساز دانشگاه باشند.

از همه عزیزان محقق و دانش‌پژوه تقاضا می‌شود این انتشارات را از نظرات تخصصی و پیشنهادات راهگشای خود در جهت ارتقاء سطح علمی کتب منتشره و همچنین گسترش زمینه‌های علمی آن‌ها، بهره‌مند سازند.

«هماره در پرتو الطاف الهی پیروز و سربلند باشید»

انتشارات جهاددانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر



پیشگفتار مؤلفین

زنولیت‌های کانی‌های آلومینوسیلیکاته و از رایج‌ترین ترکیبات معدنی در میان سنگ‌ها هستند. از لحاظ ساختار، زنولیت‌ها سیلیکات‌های داریستی با ساختار سه وجهی باز از سیلیس و آلومینیوم می‌باشند که برای تعادل بار الکتریکی، ساختمان خود به حضور کاتیون‌ها در ساختارشان نیاز دارند. قطر حفرات و کانال‌های هر گونه زنولیت جزو ویژگی‌های اختصاصی آن زنولیت می‌باشد. کانال‌ها و حفرات زنولیت با مولکول‌های آب و کاتیون‌هایی که قابلیت تبادل دارند، اشغال شده است. زنولیت‌ها به‌طور کلی شامل دو دسته طبیعی و مصنوعی هستند. از بین ۲۰ نوع زنولیت طبیعی مطالعه شده توسط گروه‌های تحقیقاتی، شناخته شده‌ترین آنها عبارتند از: لپینوپیدالیت، اریونیت، شاپازیت، هیولاندیت، موردنیت، استیلیت و فیلیپسیت و همچنین حدود ۱۰۰ گونه از زنولیت با نمک به‌طور مصنوعی در آزمایشگاه ساخته شده‌اند. خواص فیزیکی و شیمیایی منحصر به فرد زنولیت‌ها طبیعی، همراه با فراوانی آنها در ترکیبات رسوبی و سنگ‌های آتشفشانی، کاربرد زنولیت‌ها را در صنایع مختلف، خصوصاً در بسیاری از بخش‌های کشاورزی و محیط‌زیست مانند تولید کودها و سموم شیمیایی کندرهای زنولیتی، کاهش مصرف و افزایش کارایی کودهای شیمیایی، کاهش شستشوی عناصر غذایی از خاک، افزایش تولید محصولات زراعی، محیط‌های کشت زنولیتی، جیره غذایی حاوی زنولیت برای حیوانات اهلی، پیشگیری و درمان بیماری‌های دام و طیور، تصفیه آب و فاضلاب، پالایش خاک‌های آلوده، احیای اراضی بایر و غیره مورد توجه قرار گرفته است.

با افزایش تقاضا برای محصولات غذایی به دلیل رشد روز افزون جمعیت جهانی، آبریک سو و از سوی دیگر فشار برای استفاده از منابع زمین برای تولید غذای بیشتر، امنیت جهانی غذا به علت کاهش منابع طبیعی، حاصلخیزی خاک و فراهمی آب شیرین در حال تحلیل رفتن می‌باشد. تصور می‌شود یکی از موانع اساسی افزایش سرانه تولید محصولات زراعی و دامی، کاهش حاصلخیزی خاک باشد که خود به دلیل کاهش مواد غذایی خاک، کاهش ماده آلی خاک، افت فعالیت‌های میکروارگانیسم‌های خاک و همچنین آلودگی اراضی کشاورزی به انواع فلزات سنگین و مواد سمی می‌باشد. اکثر خاک‌های کشاورزی یا ذاتاً حاصلخیزی اندکی دارند و یا به دلیل تخلیه مداوم مواد غذایی از آنها بدون جایگزینی عناصر از دست رفته به مرور زمان باروری و حاصلخیزی خود را از دست می‌دهند. علاوه بر مسئله کاهش حاصلخیزی اراضی کشاورزی، مشکل عدم بهره‌وری مناسب از نهاده‌های مصرفی در مزارع کشاورزی و دامپروری‌ها خود دلیل

دیگری برای افت تولید در بسیاری از مزارع و دامپروری‌ها می‌باشد. از آنجا که متخصصین کشاورزی در سرتاسر جهان برای افزایش کمی و کیفی تولیدات دامی و گیاهی به‌طور روز افزون تلاش می‌کنند، در چند سال اخیر و با توجه به مطرح شدن مبحث کشاورزی پایدار که سعی دارد علاوه بر افزایش تولیدات کشاورزی در حفظ محیط‌زیست نیز مؤثر باشد، استفاده از کانی‌های طبیعی به عنوان اصلاح‌کنندگان خاک، تصفیه‌کنندگان آب و مکمل‌های غذایی در دامداری‌ها و مرغداری‌ها مورد توجه ویژه‌ای قرار گرفته است. رابطه نزدیک بین علوم زمین‌شناسی و کشاورزی موضوع جدیدی نیست چرا که تولید بهینه محصولات زراعی و دامی به وجود و حفظ حاصلخیزی خاک بستگی دارد و بنابراین پژوهشگران کشاورزی در زمینه تولید محصولات زراعی و دامی برای دانش خاک‌شناسی به‌طور عام و دانش کانی‌شناسی به‌طور خاص اهمیت ویژه‌ای قائل می‌باشند. در کنار تمام کانی‌های طبیعی که از گذشته تاکنون در مزارع کشاورزی و محیط‌های نگهداری حیوانات اهلی استفاده شده‌اند همچون سنگ آهک، بنتونیت و غیره، اخیراً کانی‌های طبیعی مورد توجه قرار گرفته‌اند که توانائی بالقوه و قابل توجهی به منظور کاربرد در طیف وسیعی از بخش‌های کشاورزی را دارا می‌باشند. ویژگی‌های زئولیت‌ها از جمله قدرت تبادل یونی بالا، آب‌گیری و آب‌دهی مکرر، جذب انتخابی این نوید را می‌دهد که استفاده از این منابع طبیعی کمک چشمگیری در افزایش کمی و کیفی تولیدات دامی و گیاهی را به همراه داشته باشد. اکثر پژوهش‌های اولیه پیرامون استفاده از زئولیت‌ها در کشاورزی در دهه ۶۰ میلادی و در کشور ژاپن صورت گرفته است. مرور اجمالی گزارش‌های منتشر شده در این زمینه نشان می‌دهد که کشاورزان ژاپنی به‌طور سنتی از زئولیت‌ها برای افزایش pH خاک‌های اسیدی و به‌دست آورد حاصلخیزی شالیزارهای برنج استفاده می‌کردند. اگرچه بیشتر نتایج اولیه ارائه شده از اثرگذاری زئولیت‌ها در زیورات محلی ژاپن منتشر شده است اما جمع بندی گزارش‌ها حاکی از آن است که زئولیت‌ها می‌توانند به عنوان موادی طبیعی، قابل دسترس و ارزان کاربرد گسترده‌ای را در کشاورزی داشته باشند. در چند سال اخیر پژوهش‌ها افزون از کاربردهای متنوع زئولیت‌ها و از طرف دیگر فراهمی منابع عظیمی از زئولیت‌های طبیعی در اقصای جهان از جمله ایران، توجه تجاری قابل ملاحظه‌ای را در مورد این کانی‌ها برانگیخته است. هر چند هیچ‌یک از این تحقیقات دقیقاً از مقدار کل این مواد معدنی در جهان وجود ندارد اما برخی از کشورها مانند کوبا، ایالات متحده آمریکا، روسیه، ژاپن، ایتالیا، آفریقای جنوبی، مجارستان، بلغارستان و به خصوص ایران دارای ذخایر مهم و پتانسیل بالایی برای تولید زئولیت‌ها می‌باشند.

کاربردهای مختلف کانی مذکور در صنایع معدنی، کشاورزی و محیط‌زیست زمینه‌های تئوری و عملی مربوط به خود را داراست که هر یک می‌تواند موضوع یک کتاب باشد. در حال حاضر کاربرد زئولیت‌ها در صنایع گوناگون به‌طور جدی در بسیاری از پژوهشکده‌ها و آزمایشگاه‌های سرتاسر جهان مورد ارزیابی قرار گرفته و گزارش‌ها، پژوهش‌ها و تحقیقات فراوانی در مورد آنها منتشر شده ولی تاکنون در ایران مجموعه‌ای که به‌طور مفصل به معرفی، توصیف ویژگی و خصوصیات، منشأ، پیدایش، اکتشاف و کاربرد زئولیت‌ها به ویژه کارایی آنها در بخش کشاورزی و محیط‌زیست بپردازد، فراهم نشده است. این در حالی است که

با توجه به اثرگذاری زئولیت‌ها بر جنبه‌های مختلف صنایع معدنی، کشاورزی و محیط‌زیست و همچنین فراهمی‌خدادادی این منابع طبیعی در ایران این امید وجود دارد که توسعه شناخت و کاربرد زئولیت‌ها به افزایش بهره‌وری در صنایع مختلف کشور منتج شود. باید توجه داشت که هر گونه فعالیت تحقیقاتی در زمینه زئولیت‌ها در کشورمان ایران، که اثبات شده ذخایر عظیمی از این مواد طبیعی را در اختیار دارد، حائز اهمیت است چراکه منجر به استفاده از منابع طبیعی کشور شده و کاهش وابستگی به کشورهای خارجی به عنوان تأمین‌کنندگان انواع نهاده‌های گران قیمت را در پی دارد که این امر به‌طور برجسته‌ای در راستای اقتصاد مقاومتی می‌باشد. به عبارت دیگر استفاده از زئولیت‌ها در صنایع معدنی، کشاورزی و محیط‌زیست مترادف است با حداکثر استفاده از مواد خام و ارزان قیمت محلی و حداقل کاربرد محصولات وارداتی که با صرف هزینه‌های گزاف خریداری شوند. آنچه نویسندگان را به تألیف این کتاب ترغیب کرد نیازی بود که در چنین راستایی احساس می‌گردید.

فصل‌های موجود در کتاب، صرفاً به سه بخش عمده تقسیم می‌شوند: بخش اول (فصول اول و دوم) شامل معرفی، توصیف، بررسی‌های مکانی‌شناسی، منشأ، پیدایش و اکتشاف زئولیت‌ها و معرفی منابع و معادن مختلف آن در جهان و به ویژه ایران می‌باشد. سپس در بخش دوم (فصول سوم تا پنجم) این کتاب سعی شده است شیوه‌هایی که از طریق آنها زئولیت‌ها می‌توانند منجر به افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی (دامی و گیاهی) شوند، مورد بحث و مطالعه قرار گیرد. در نهایت در بخش سوم (فصول ششم و هفتم) نیز بحث حفاظت از محیط‌زیست با دیواره‌های آب و خاک به وسیله زئولیت‌ها مورد مطالعه و بررسی قرار گرفته است.

در اینجا وظیفه خود می‌دانیم که از انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقاتی اصلاح و تهیه نهال و بذر و موسسه تحقیقاتی خاک و آب به خاطر همکاری نزدیک و صمیمانه آنها در تهیه این کتاب سپاسگزاریم. همچنین به‌ویژه از جناب آقای دکتر حسین کاظمیان که در معرفی و گسترش کاربرد زئولیت‌های ایرانی نقش غیر قابل انکاری داشته‌اند سپاسگزاری می‌شود.

بدون شک این کتاب خالی از اشکال نخواهد بود. لذا موجب کمال تشکر است اگر همکاران ارجمند مؤلفین را از نظرات ارزنده خود مطلع فرمایند.

دکتر اردشیر هزارخانی

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی

دکتر مجید غلامحسینی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

دکتر محمد حسین داوودی

سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی

موسسه تحقیقات خاک و آب

مهندس سید سعید قتادپور

دانشگاه صنعتی امیرکبیر

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی



فصل ۱: کلیاتی در مورد زئولیت‌ها	۱۷
۱-۱ زئولیت چیست	۱۷
۲-۱ زئولیت‌های مصنوعی	۱۹
۳-۱ شیمی و ساختار بلورین زئولیت‌ها	۱۹
۴-۱ ویژگی‌های زئولیت‌ها	۲۳
۱-۴-۱ کانی‌شناسی	۲۳
۲-۴-۱ ظرفیت تبادل کاتیونی	۲۳
۳-۴-۱ جذب انتخابی (بهبذینی)	۲۴
۴-۴-۱ واکنش با ترکیبات قلیایی (فعالیت پوزولایک)	۲۶
۵-۴-۱ آب‌گیری و آب‌دهی (خشک و تر شدن مداوم)	۲۷
۶-۴-۱ رفتارهای حرارتی	۲۸
۵-۱ برخی از مصارف عمده زئولیت	۲۹
۱-۵-۱ کانالیست	۲۹
۲-۵-۱ کاهش سختی آب	۲۹
۳-۵-۱ تصفیه و بهسازی هوا	۳۰
۴-۵-۱ تصفیه و بهسازی هوا به کمک بهره‌گیری از انرژی خورشیدی	۳۰
۵-۵-۱ خالص‌سازی گازهای طبیعی و تولید اکسیژن	۳۰
۶-۵-۱ جذب نفت و رفع آلودگی و خالص‌سازی محصولات نفتی	۳۰
۷-۵-۱ پزشکی و داروسازی	۳۱
۸-۵-۱ کاغذ سازی	۳۱

۳۲	۶-۱ سازمان‌های بین‌المللی ژئولیت
۳۲	۷-۱ طبقه‌بندی ژئولیت‌ها
۴۰	۸-۱ اصلاح ژئولیت‌های طبیعی
۴۰	۱-۸-۱ تیمار اسیدی- بازی ژئولیت‌ها
۴۱	۱-۸-۲ اصلاح سورفکتانتی
۴۴	مراجع
۴۹	فصل ۲: پیدایش، منشأ و اکتشاف ژئولیت‌ها
۴۹	۲-۱ پیدایش ژئولیت‌های طبیعی
۵۰	۲-۱-۱ ژئولیت‌های سنگ‌های دگرگونی مجاورتی
۵۱	۲-۱-۲ ژئولیت‌های محیط‌های چرخه باز آب
۵۲	۲-۱-۳ ژئولیت‌های دیاجنزی نمکی یا قلیایی
۵۳	۲-۱-۴ ژئولیت‌های رسوبی نمایی
۵۴	۲-۱-۵ ژئولیت‌های محیط‌های نمکی قلیایی نمکی
۵۴	۲-۱-۶ ژئولیت‌های سنگ‌های دگرگونی درجه پایین
۵۴	۲-۱-۷ محیط‌های گرمایی
۵۵	۲-۱-۸ ژئولیت‌های محیط‌های تدفینی
۵۶	۲-۲ توزیع جغرافیایی ژئولیت‌های طبیعی
۵۸	۲-۳ اکتشاف ژئولیت‌ها
۶۱	۲-۴ روش‌های استخراج ژئولیت‌ها
۶۲	۲-۵ ذخایر جهانی ژئولیت‌های طبیعی
۶۴	۲-۶ توزیع جغرافیایی ژئولیت‌های طبیعی در ایران
۷۲	مراجع
۷۳	فصل ۳: ژئولیت‌ها و کشاورزی
۷۳	۳-۱ کاربرد ژئولیت‌ها در کشاورزی

- ۱-۱-۳ کلینوپتیلولیت، پرمصرف‌ترین نوع زئولیت در کشاورزی ۷۵
- ۱-۱-۳ تشکیل تیم تحقیقاتی- ترویجی کاربرد زئولیت‌ها در کشاورزی ۷۶
- ۲-۳ تأثیر کاربرد زئولیت‌ها بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی و میکروبی خاک ۷۸
- ۳-۳ اثر زئولیت‌ها بر کاهش شستشوی نیتروژن از خاک ۸۴
- ۴-۳ اثر زئولیت‌ها بر افزایش جذب و کارایی استفاده از کودهای نیتروژنی ۸۹
- ۵-۳ تأمین فسفر مورد نیاز گیاهان از سنگ فسفات با کمک زئولیت ۹۳
- ۶-۳ کودهای هوشمند زئولیتی ۹۶
- ۷-۳ زئولیت‌ها و سموم کشاورزی ۱۰۵
- ۸-۳ بسترهای کشت زیروپونیک (Zeoponic) ۱۱۰
- ۹-۳ افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاهان زراعی و باغی در پاسخ به کاربرد زئولیت‌ها ۱۱۴
- مراجع ۱۲۲
- فصل ۴: مدیریت کودهای آلی و فاضلاب‌ها با استفاده از زئولیت‌های طبیعی ۱۳۵**
- ۱-۴ اهمیت و مشکلات استفاده از کودهای آلی ۱۳۵
- ۱-۱-۴ کاهش انتشار بوی نامطلوب و کاهش هدررفت نیتروژن در کودهای آلی ۱۴۱
- ۱-۱-۴ استفاده از زئولیت‌ها در کودهای مرعی ۱۴۱
- ۱-۱-۴ استفاده از زئولیت‌ها در کودهای دامی ۱۴۳
- ۲-۱-۴ تهیه کمپوست‌های زئولیتی و اثر آن بر ویژگی‌های خاک و عملکرد گیاهان زراعی ۱۴۵
- ۲-۴ استفاده از زئولیت‌ها در مدیریت لجن فاضلاب‌های شهری و صنعت ۱۵۱
- مراجع ۱۶۳
- فصل ۵: زئولیت‌ها و تغذیه حیوانات اهلی ۱۷۳**
- ۱-۵ استفاده از زئولیت‌ها در جیره غذایی دام‌ها (حیوانات نشخوارکننده) ۱۷۳
- ۲-۵ استفاده از زئولیت‌ها در جیره غذایی ماکیان ۱۸۰
- ۳-۵ نقش زئولیت‌ها به عنوان افزودنی‌های خوراکی در پیشگیری و درمان بیماری‌های حیوانات اهلی ۱۸۳

- ۱۸۳..... ۱-۳-۵ کاهش شدت مسمومیت‌های قارچی
- ۱۸۷..... ۲-۳-۵ تأثیر بر سندروم اسهال (Diarrhea syndrome)
- ۱۸۹..... ۳-۳-۵ پیشگیری از بیماری‌های متابولیک در گاوهای ماده شیری
- ۱۸۹..... ۱-۳-۳-۵ تب شیر (Milk fever)
- ۱۹۰..... ۲-۳-۳-۵ کتوزیس (Ketosis)
- ۱۹۱..... ۴-۳-۵ پیشگیری از مسمومیت‌ها
- ۱۹۱..... ۱-۴-۳-۵ مسمومیت آمونیاکی
- ۱۹۱..... ۲-۴-۳-۵ مسمومیت فلزات سنگین و جذب سطحی عناصر رادیواکتیو
- ۱۹۳..... ۳-۴-۳-۵ مسمومیت ناشی از ترکیبات ارگانوفسفره (Organophosphate)
- ۱۹۴..... ۵-۳-۰ تأثیر بر عفونت‌های انگلی
- ۱۹۴..... ۶-۳-۵ پیشگیری از نقص متابولیک اسکلتی
- ۱۹۵..... ۷-۳-۵ اثر متقابل در لیت و داروها
- ۱۹۶..... ۴-۵ زئولیت‌ها در حوزه غذایی و نقش آنها بر ویژگی‌های کودهای آلی
- ۱۹۹..... مراجع
- ۲۱۱..... زئولیت‌ها در حفاظت از محیط‌زیست (آمایش آب)
- ۲۱۲..... ۱-۶ آمونیوم
- ۲۱۷..... ۲-۶ یون‌های فلزات سنگین
- ۲۲۴..... ۳-۶ آنیون‌های غیر آلی
- ۲۲۷..... ۴-۶ مواد آلی
- ۲۲۷..... ۱-۴-۶ رنگ‌ها
- ۲۳۰..... ۲-۴-۶ ترکیبات هیومیکی
- ۲۳۱..... ۳-۴-۶ سایر ترکیبات آلی
- ۲۳۵..... مراجع
- ۲۴۳..... زئولیت‌ها در پالایش خاک‌های آلوده (با تمرکز بر آلودگی به عناصر سنگین)
- ۲۵۳..... مراجع

واژه‌نامه انگلیسی به فارسی	۲۵۷
واژه‌نامه فارسی به انگلیسی	۲۶۵

فهرست شکل‌ها

شکل ۱.۱ روند افزایشی شناسایی ژئولیت‌های مختلف طبیعی از ابتدای شناسایی آنها در علوم کانی‌شناسی طی سال‌های مختلف	۱۹
شکل ۲.۱ ساختار چهار وجهی ژئولیت	۲۰
شکل ۳.۱ من توب و میخ مکعب هشت وجهی کوتاه شده (الف). ترسیم خطوط مکعب هشت وجهی کوتاه شده، خطوط مراکز ۴ وجهی را به هم متصل می‌کند (ب)	۲۱
شکل ۴.۱ انواع خطوط هم‌رأی تبادل یونی برای واکنش $As+Bz = Az+Bs$	۲۴
شکل ۵.۱ ورود یک هیدروکربن راکت است زنجیره به داخل فضای ژئولیت (الف). عدم ورود یک هیدروکربن شاخه‌دار به داخل فضای ژئولیت به دلیل عدم تناسب قطر مولکول با قطر کانال ورودی ژئولیت (ب)	۲۶
شکل ۶.۱ خطوط هم‌دمای تبادل یونی وایت کلینوپتیلولیت یونانی (الف) و ژئولیت فیلیپسیت ایتالیایی (ب) در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۲۶
شکل ۷.۱ آزمایش واکنش‌پذیری چهار نوع ژئولیتی مختلف با آهک در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۲۷
شکل ۸.۱ جذب بخار آب توسط سه نوع توف ژئولیتی مختلف در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد	۲۸
شکل ۹.۱ کریستال‌های درشت ژئولیت فیلیپسیت با منشأ آتشفشانی (الف) و کریستال‌های ریز همین نوع ژئولیت با منشأ رسوبی (ب)	۳۴
شکل ۱۰.۱ واحدهای هفتگانه ساختمان ثانویه ژئولیت‌ها	۳۹
شکل ۱۱.۱ تشکیل لایه همی‌میسل (الف) و ادمیسل (ب) در اصلاح ساختمان ژئولیت	۴۳
شکل ۱.۲ لایه‌های ژئولیت رسوبی در سواحل جزایر قناری، اسپانیا	۵۰
شکل ۲.۲ ژئولیت آنالسیم (جزایر قناری، اسپانیا)	۵۹
شکل ۳.۲ ژئولیت کلینوپتیلولیت (استان لاس پالماس، اسپانیا)	۵۹
شکل ۴.۲ ژئولیت موردنیت (ترنتینو، ایتالیا)	۶۰
شکل ۵.۲ ژئولیت شابازیت (اسپانیا)	۶۰
شکل ۶.۲ ژئولیت فریریت (الف) و لامونیت (ب) (کانادا)	۶۱
شکل ۷.۲ مراحل استخراج، انتقال و بسته‌بندی ژئولیت	۶۲
شکل ۱.۳ منحنی محتوی رطوبت خاک در پتانسیل‌های ماتریک مختلف (الف) تأثیر سطوح مختلف ژئولیت بر رطوبت قابل دسترس (AWC) و رطوبت سهل الوصول (EAW) خاک (ب)	۸۱
شکل ۲.۳ منحنی‌های خطوط هم‌دمای اسید هیومیک قرار گرفته بر روی سه نوع ژئولیت مختلف	

- در ۳۰ درجه سانتی‌گراد..... ۸۲
- شکل ۳.۳ ویژگی‌های مورفولوژیکی سیستم ریشه گیاه چچم..... ۸۳
- شکل ۴.۳ تأثیر کاربرد ژئولیت در خاک بر نیتрат شسته شده از عمق ۶۵ سانتی‌متری خاک شنی..... ۸۷
- شکل ۵.۳ اثر کاربرد همزمان نیتروژن از منبع اوره و ژئولیت بر نیترات شسته شده از خاک..... ۸۸
- شکل ۶.۳ اثر تلفیق ژئولیت و کود اوره بر عملکرد ماده خشک ذرت (الف) و غلظت نیتروژن برگ (ب)..... ۹۰
- شکل ۷.۳ اثر تلفیق ژئولیت و کود اوره بر کارایی مصرف نیتروژن کلزا..... ۹۱
- شکل ۸.۳ مقدار تصعید روزانه آمونیوم از منابع مختلف کودی..... ۹۲
- شکل ۹.۳ مقدار شستشوی نیترات پس از مصرف کود ژئولیتی و شیمیایی..... ۹۹
- شکل ۱۰.۳ اثر مقادیر مختلف کود ژئولیتی غنی از NPK بر عملکرد و سایر ویژگی‌های گیاه لیموی رنگ..... ۱۰۱
- شکل ۱۱.۳ مقایسه کاربرد کود نیترات پتاسیم و ژئولیت غنی از نیترات پتاسیم بر عملکرد کاهو..... ۱۰۲
- شکل ۱۲.۳ مقدار جذب نیترات توسط ژئولیت اصلاح شده با سورفکتانت HDTMA در مقادیر مختلف جذب سدیم (از ۲۵ درصد تا ۲۰۰ درصد تبادل کاتیونی خارجی ژئولیت)..... ۱۰۴
- شکل ۱۳.۳ نمای شماتیک از سطح خارجی ژئولیت اصلاح شده با سورفکتانت و تشکیل پیکره دو لایه برای جذب ترکیبات از نم..... ۱۰۴
- شکل ۱۴.۳ غلظت نیترات زهاب در مصرف کود شیمیایی نیترات پتاسیم و کود ژئولیتی اصلاح شده سورفکتانتی..... ۱۰۵
- شکل ۱۵.۳ تراکم گونه‌های مختلف علف هرز تحت تاثیر علف‌کش تریفلورالین در مقادیر مختلف ژئولیت..... ۱۰۹
- شکل ۱۶.۳ تغییرات تراکم کل علف‌های هرز مرعه آتابک در متاثر از مصرف علف‌کش تریفلورالین در مقادیر مختلف ژئولیت..... ۱۰۹
- شکل ۱۷.۳ تغییرات ماده خشک کل علف‌های هرز مرعه آتابک در متاثر از مصرف علف‌کش تریفلورالین در مقادیر مختلف ژئولیت..... ۱۱۰
- شکل ۱۸.۳ تعادل دینامیکی مواد غذایی برای سیستم رشد گیاه در بستر ژئوپونیک..... ۱۱۱
- شکل ۱۹.۳ اثر افزایش پتاسیم در بستر کشت ژئوپونیک بر کیفیت میوه سوجو فرنگی..... ۱۱۴
- شکل ۲۰.۳ اثر مقادیر مختلف ژئولیت و کود نیتروژنی بر عملکرد علوفه کلزا..... ۱۱۷
- شکل ۲۱.۳ اثر کاربرد مقادیر مختلف ژئولیت در خاک شنی بر روند تجمع ماده خشک کلزا..... ۱۲۰
- شکل ۱.۴ محل نگهداری دام‌ها در دامپروری‌های نوین..... ۱۳۷
- شکل ۲.۴ چرخه مصرف خوراک توسط دام و تولید، کاربرد و هدرروی فضولات..... ۱۳۷
- شکل ۳.۴ درصد انتشار آمونیاک از کود دامی در مراحل و مکان‌های مختلف مدیریت کود دامی..... ۱۳۹
- شکل ۴.۴ مکان‌های وسیع روباز پرورش دام که از عوامل اصلی انتشار گازهای گلخانه‌ای می‌باشند..... ۱۳۹
- شکل ۵.۴ اثر ژئولیت شابازیت در دو اندازه مختلف بر شدت بوی متصاعد شده از کود مرغی..... ۱۴۲
- شکل ۶.۴ اضافه کردن ژئولیت به بستر دامپروری‌ها..... ۱۴۴

- شکل ۷.۴ اثر مقادیر مختلف ژئولیت بر انتشار آمونیاک از کود دامی ۱۴۵
- شکل ۸.۴ تلفیق ژئولیت و کود دامی و جذب عناصر غذایی توسط ژئولیت ۱۴۶
- شکل ۹.۴ مقایسه اثر ژئولیت و دو ماده افزودنی دیگر (خاک و سنگ آتشفشانی Lava Meal) بر انتشار چهار گاز اصلی از کود دامی به ازای هر واحد دام ۱۴۷
- شکل ۱۰.۴ اثر مقادیر مختلف ژئولیت در لجن فاضلاب بر محتوی رطوبت کمپوست ۱۵۶
- شکل ۱۱.۴ اثر مقادیر (الف) و انواع مختلف ژئولیت (ب) در لجن فاضلاب بر تغییرات دما کمپوست ۱۵۷
- شکل ۱۲.۴ اثر کاربرد مقادیر مختلف ژئولیت در لجن فاضلاب بر درصد هدر روی آمونیوم و آمونیاک از کمپوست ۱۵۷
- شکل ۱۳.۴ اثر انواع مختلف ژئولیت (الف) و مقادیر مختلف ژئولیت (ب) بر درصد جذب عناصر سنگین از کمپوست لجن فاضلابی ۱۵۹
- شکل ۱۴.۴ مقایسه غلظت عناصر سنگین در فاضلاب خام، کمپوست شده بدون ژئولیت و با ۲۰ درصد ژئولیت ۱۵۹
- شکل ۱۵.۴ میزان شستشوی عناصر سنگین از نمونه‌های کمپوست لجن فاضلابی ۱۶۰
- شکل ۱.۵ بلال ذرت آلوده به قارچ آسپرگیلوس (*Aspergillus*) مولد سموم میکوتوکسینی (الف) و تصویر میکروسکوپی قارچ آسپرگیلوس (*Aspergillus*) (ب) ۱۸۴
- شکل ۲.۵ ساختار مولکولی سه نوع بیوتین مهم ۱۸۵
- شکل ۱.۶ روند جذب فلزات در محلول های تک و چند جزئی ۲۲۰
- شکل ۲.۶ نتایج حذف کاتیون از فاضلاب‌های شسته با استفاده از ژئولیت ناپل ایتالیا ۲۲۲
- شکل ۳.۶ جذب سطحی اسید هیومیک توسط ژئولیت خام NVT و انواع غنی شده آن با کاتیون‌های مختلف ۲۳۱
- شکل ۱.۷ طرح کلی برای اصلاح خاک‌های آلوده به عناصر سنگین توسط ژئولیت‌های طبیعی ۲۴۶
- شکل ۲.۷ تأثیر کودهای آلی و کود آلی همراه با ژئولیت بر غلظت قابل دسترس عناصر سنگین در خاک ۲۴۸
- شکل ۳.۷ تأثیر مقادیر مختلف ژئولیت در خاک‌هایی با بافت‌های مختلف بر میزان شستشوی کادمیوم از خاک ۲۵۰
- شکل ۴.۷ غلظت کادمیوم در اعماق مختلف خاک متأثر از کاربرد ژئولیت ۲۵۱

فهرست جداول

- جدول ۱.۱ فهرست بعضی از ژئولیت‌های طبیعی به همراه سال کشف و سال نام‌گذاری آنها ۲۲
- جدول ۲.۱ مشخصات و ویژگی‌های گروه اول ۳۶
- جدول ۳.۱ مشخصات و ویژگی‌های گروه دوم ۳۶
- جدول ۴.۱ مشخصات و ویژگی‌های گروه سوم ۳۷
- جدول ۵.۱ مشخصات و ویژگی‌های گروه چهارم ۳۷
- جدول ۶.۱ مشخصات و ویژگی‌های گروه پنجم ۳۸

- جدول ۷.۱ مشخصات و ویژگی‌های گروه ششم..... ۳۸
- جدول ۸.۱ مشخصات و ویژگی‌های گروه هفتم..... ۳۹
- جدول ۱۰.۲ منابع زئولیت کشف و استخراج شده در کشورهای مختلف جهان..... ۵۶
- جدول ۲۰.۲ مهم‌ترین کشورهایی تولید کننده زئولیت در سطح جهان..... ۶۳
- جدول ۳۰.۲ مناطق حاوی ذخایر زئولیتی در ایران..... ۷۰
- جدول ۱۰.۳ ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی زئولیت کلینوپتیلولیت..... ۷۶
- جدول ۲۰.۳ مقایسه کود زئولیتی آمونیومی و کود شیمیایی سولفات آمونیوم بر صفات کمی و کیفی گیاه تربچه..... ۹۹
- جدول ۳۰.۱ مقایسه میانگین‌های ترکیبات تیماری نیتروژن و زئولیت بر عملکرد دانه، درصد پروتئین و عملکرد کلزا..... ۱۱۹
- جدول ۱۰.۳ استفاده از زئولیت کلینوپتیلولیت در فضولات مرغداری..... ۱۴۲
- جدول ۲۰.۴ درصد تغییرات گازهای متصاعد شده از کود دامی متأثر از افزودنی‌های مختلف..... ۱۴۶
- جدول ۳۰.۴ آنالیز کود دامی بعد از فرآیند کمپوست‌سازی..... ۱۴۸
- جدول ۴۰.۴ تأثیر تیمارهای مختلف کودی بر صفات کمی و کیفی افتابگردان و خاک محل آزمایش..... ۱۴۹
- جدول ۵۰.۴ میانگین غلظت عناصر سنگین در نمونه‌های فاضلاب شهری اروپا و آمریکا و غلظت مجاز آنها برای کاربرد در زمین‌های کشاورزی..... ۱۵۴
- جدول ۶۰.۴ حد مجاز غلظت عناصر سنگین در فاضلاب برای کاربرد کشاورزی در ایران..... ۱۵۴
- جدول ۷۰.۴ غلظت عناصر سنگین در نمونه لجن فاضلاب قبل و بعد از فرآیند کمپوست با استفاده از زئولیت..... ۱۵۸
- جدول ۱۰.۵ اثرات و نتایج ناشی از اضافه کردن زئولیت‌های طبیعی در جیره غذایی شخوارکنندگان..... ۱۷۴
- جدول ۲۰.۵ تأثیر دو نوع زئولیت در مقادیر مختلف در جیره مرغ‌های نیم‌تخمینار بر رشد و بهره‌وری از جیره..... ۱۸۱
- جدول ۳۰.۵ تأثیر کاربرد زئولیت در جیره مرغ‌های گوشتی بر رشد، بهره‌وری از جیره و تعداد تلفات..... ۱۸۲
- جدول ۴۰.۵ نتایج آزمایش‌های مربوط به تأثیر حضور زئولیت در جیره غذایی حیوانات مختلف در کاهش اثرات منفی مسمومیت‌های میکوتوکسینی در شرایط طبیعی..... ۱۸۶
- جدول ۵۰.۵ شدت شیوع اسهال و مدفوع نرم در گوساله‌های تغذیه شده با جیره غذایی و زئولیتی..... ۱۸۸
- جدول ۱۰.۶ جذب سطحی آمونیوم در زئولیت‌های طبیعی..... ۲۱۳
- جدول ۲۰.۶ جذب سطحی فلزات سنگین توسط زئولیت‌های طبیعی با منشأ گوناگون..... ۲۱۸
- جدول ۳۰.۶ ویژگی جذب انتخابی زئولیت‌های طبیعی برای جذب عناصر سنگین..... ۲۲۴
- جدول ۴۰.۶ جذب سطحی رنگ‌های شیمیایی توسط زئولیت‌های طبیعی و اصلاح شده..... ۲۲۷
- جدول ۵۰.۶ جذب سطحی اسید هیومیک توسط زئولیت‌های طبیعی و انواع غنی شده آنها..... ۲۳۰
- جدول ۱۰.۷ نتایج تجزیه بافت گیاهی جو بهاره رشد داده شده در خاک‌های آلوده به فلزات سنگین..... ۲۴۸